

## EVOLUTION A LONG TERME DU STOCK DE PHOSPHORE ORGANIQUE DANS UN SOL SABLEUX CULTIVE EN FONCTION DU REGIME DE FERTILISATION MINERALE

Christian MOREL<sup>(1)</sup>, Pascal DENOROY<sup>(1)</sup>, Daniel PLENET<sup>(2)</sup> et Alain MOLLIER<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> INRA, UMR1220 TCEM 'transfert sol-plante et cycle des éléments dans les écosystèmes cultivés'

<sup>(2)</sup> INRA, UR1115 'plantes et systèmes de cultures horticoles'

Le conseil de fertilisation phosphatée pour les grandes cultures est établi essentiellement sur une évaluation de la disponibilité du phosphore du sol vis-à-vis des végétaux par une analyse de terre qui consiste à extraire à l'aide réactifs chimiques le P qualifié d'« assimilable » du sol. Bien que variable suivant la nature du réactif (acide citrique à 2% pour la méthode Dyer, l'acétate d'ammonium pour la méthode Joret-Hébert et le bicarbonate de sodium pour la méthode Olsen), cette quantité de P chimiquement extrait provient pour l'essentiel du compartiment minéral du P du sol. Mais, ce dernier ne représente qu'une fraction variable du P total du sol. La proportion de P organique peut dépasser 80% dans la couche superficielle de sols sous forêts et sous prairies. Elle est de l'ordre de 20-40% dans la couche labourée de sols cultivés de longue date et fertilisés par des apports d'engrais. Ce compartiment de P organique n'est que peu ou pas extrait par les méthodes chimiques conventionnelles des laboratoires d'analyses alors même qu'il pourrait alimenter significativement la solution du sol en ions phosphates ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  et  $\text{HPO}_4^{2-}$ ), formes de phosphore prélevé par les racines. Comme, à l'implantation d'une culture, la quantité d'ions phosphate dans la solution du sol ne représente que de l'ordre de 1% du P prélevé par une culture pendant son cycle cultural, la quasi-totalité des ions phosphate absorbés a pour origine les constituants solides du sol. Deux mécanismes principaux sont susceptibles de réapprovisionner la solution en ions phosphate. L'un est le gradient de concentration, créé par l'absorption racinaire, entre les phases liquide et solide du sol qui conditionne le transport d'ions phosphates diffusibles des zones les plus concentrées, la phase solide du sol, vers les moins concentrées (la solution de sol). L'autre processus est la minéralisation de composés organiques phosphatés (comme par exemple les phytates, acides nucléiques, phospholipides...) qui pourrait également réapprovisionner la solution du sol en ions phosphate et contribuer ainsi à satisfaire les besoins des plantes en phosphore.

**L'objectif** de cette étude était d'analyser dans un dispositif expérimental de longue durée consacré à la fertilisation minérale phosphatée:

- i) La dynamique de la stœchiométrie CNP du compartiment organique du sol pendant près de 30 ans.
- ii) La dynamique correspondante de la teneur en ions phosphate dissous et diffusibles.

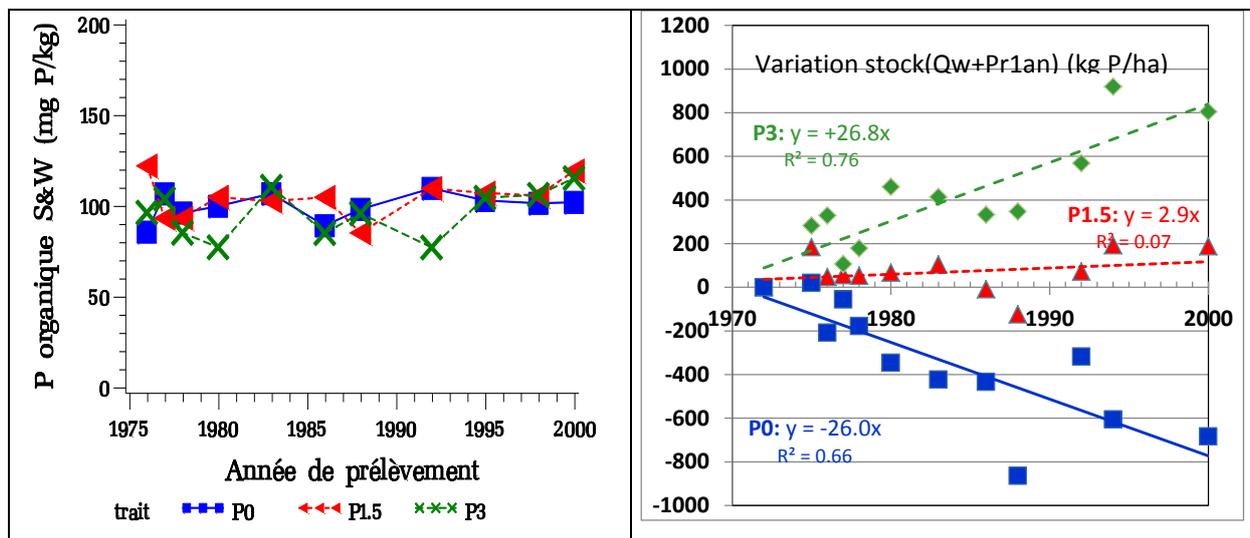
Ce travail a été réalisé en utilisant la base de données et en analysant les échantillons de terre d'un dispositif de longue durée, initié en 1972 et arrêté en 2000. Trois régimes d'apports de superphosphate triple ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  titrant 45% $\text{P}_2\text{O}_5$ ), répétés 4 fois, y étaient testés : 0 (P0), 44 (P1.5) et 96 (P3)  $\text{kg P ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ , en moyenne sur la durée de l'essai. Nous disposons de dix années d'échantillonnage de la couche labourée (0-25 cm) de sol : 1976, 1978, 1980, 1983, 1986, 1988, 1992, 1995, 1998 et 2000. Les échantillons de terre avaient été soigneusement préparés, enregistrés, archivés et stockés pendant les 28 années de suivi. Cette expérimentation était implantée sur un sol sableux, labouré et cultivé chaque année sous une monoculture continue de maïs irrigué. Les rendements en grain et leur teneur en P de chaque parcelle expérimentale avaient été mesurés afin de calculer la quantité de P exporté chaque année.

La teneur du sol en phosphore organique a été déterminée en calculant la différence entre la quantité de P extrait par une solution d'acide sulfurique à 0.5 M d'un échantillon de terre calciné et celle extrait d'un échantillon de terre non calciné (Saunders et Williams, 1955). Les quantités d'ions phosphate dissous et diffusibles ont été déterminées dans des suspensions de terre. La technique de dilution isotopique a été utilisée pour paramétrer la dynamique des ions phosphate diffusibles à l'interface solide-solution en fonction du temps et de leur concentration dans la solution de sol (Denoroy et al. 2011 ; Morel et al. 2011). Le Laboratoire d'Analyses des Sols de l'INRA (Arras) a déterminé la teneur totale en carbone et azote organique pour tous les

échantillons de terre ainsi que la teneur en P-total par l'acide fluorhydrique concentrée dans les échantillons prélevés en 2000.

Pendant les 28 années de suivi, il n'y a pas eu de différence significative de la teneur de phosphore organique quelle que soit l'année d'échantillonnage et le régime de fertilisation phosphatée (Figure gauche). La moyenne générale de la teneur de phosphore organique est de  $100 (\pm 24) \text{ mg P kg}^{-1} \text{ sol}$  ce qui représente un stock de  $390 \text{ kg P ha}^{-1}$  dans la couche labourée. Ce compartiment représentait en 2000, 39% du phosphore total pour P0, 25% pour P1.5 et 19% pour P3. La dynamique du P organique diffère de celle observée pour le carbone et l'azote organique du sol qui diminuent tous les deux, lentement mais constamment pendant la même période, tout en conservant un rapport C/N constant de 14.4.

Par contre, pendant la même période, la variation du stock de l'ensemble des ions phosphate dissous et diffusibles varie largement suivant le régime de fertilisation phosphatée (Figure droite). Pour le traitement en impasse complète, la variation ( $-26.0 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ ) du stock d'ions phosphate dissous et diffusibles pendant un an ne diffère pas significativement du P exporté moyen exporté chaque année ( $25.0 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ ). En conséquence, le mécanisme de réapprovisionnement de la solution par le gradient de concentration entre les phases liquide et solide du sol rend compte de la nutrition phosphatée des plantes. Un résultat similaire a également été obtenu pour une prairie implantée sur un sol de l'est canadien (Messiga et al. 2011).



En conclusion, dans cet essai de près de 30 ans, la minéralisation nette du stock de P organique du sol n'est pas significative quel que soit le régime de P-TSP, alors que le stock des ions P dissous et diffusibles varie largement. D'autres recherches sont nécessaires pour confirmer et éventuellement généraliser à d'autres contextes agro-pédo-climatiques, la faible contribution à la nutrition phosphatée du P organique du sol bien que ce compartiment représente une part significative du P total.

## Références

- Denoroy P, Butler F, Castillon P, Champolivier L, Duval R, Fourrié L, Hanocq D, Kouassi A-S, Métraille M, Morel C, Rabourdin N, Raynal C, Savoie T, Souplet N, 2011. Vers un raisonnement innovant de la fertilisation phosphatée. Les 10<sup>èmes</sup> rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de la terre du GEMAS et du COMIFER. Reims 23 & 24 novembre 2011.
- Messiga A. J., Ziadi N., Bélanger G., Morel C., 2012. Process-based mass-balance modeling of soil phosphorus availability in a grassland fertilized with N and P. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 92:273–287.
- Morel C., F. Butler, P. Castillon, L. Champolivier, P. Denoroy, R. Duval, D. Hanocq, A-S Kouassi, E. Kvarnström, M. Métraille, A. Messiga, C. Raynal, L. Rabeharisoa, T. Savoie, S. Sinaj, N. Ziadi. 2011. Gestion à long terme de la dynamique du phosphore dans les sols cultivés. Les 10<sup>èmes</sup> rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de la terre du GEMAS et du COMIFER. Reims 23 & 24 novembre 2011.
- Saunders WMH and Williams EG 1955. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *J. Soil Sci.* 6:247-267.